شارح: الجهاز الليمفاوي

في هذا الشارح، سوف نتعلَّم كيف نَصِف تركيب الجهاز الليمفاوي، ووظيفته في الإنسان.

الجهاز الليمفاوي هو جهاز يلعب أدوارًا مهمة في كلٍّ من الجهاز الدوري وجهاز المناعة. فهو يتكون من شبكة من الأوعية الليمفاوية المسئولة عن امتصاص السوائل المحتجَزة في الفراغات الموجودة بين خلايا الجسم، كما أنه يتكون من تراكيب متخصصة تُسمى بالعُقَد الليمفاوية، ومن أعضاء ليمفاوية مثل الطحال.

الشعيرات الدموية هي أصغر أنواع الأوعية الدموية. فأثناء دوران الدم، وعندما تصل الأوعية الدموية الشعرية إلى أنسجة الجسم، فإن جزءًا من السائل يتسرَّب من الشعيرات الدموية. وينتقل هذا السائل الذي يُسمى السائل البَيْني إلى الفراغات الموجودة في النسيج بين الشعيرات الدموية والخلايا، التي يُطلَق عليها الفراغات البَيْنية. يغمُر السائلُ البَيْني الخلايا في وسطٍ غنيٍّ بالأكسجين والمُغذِّيات، مما يدعِّم حشوة الخلايا داخل الفراغ البَيْني. وتمتص الخلايا الأكسجين والمُغذِّيات التي تحتاجها ثم تُخرِج فضلاتها في السائل البَيْني مرة أخرى. ويحتوي هذا السائل البَيْني أيضًا على حطام خلوي ومواد سامة.

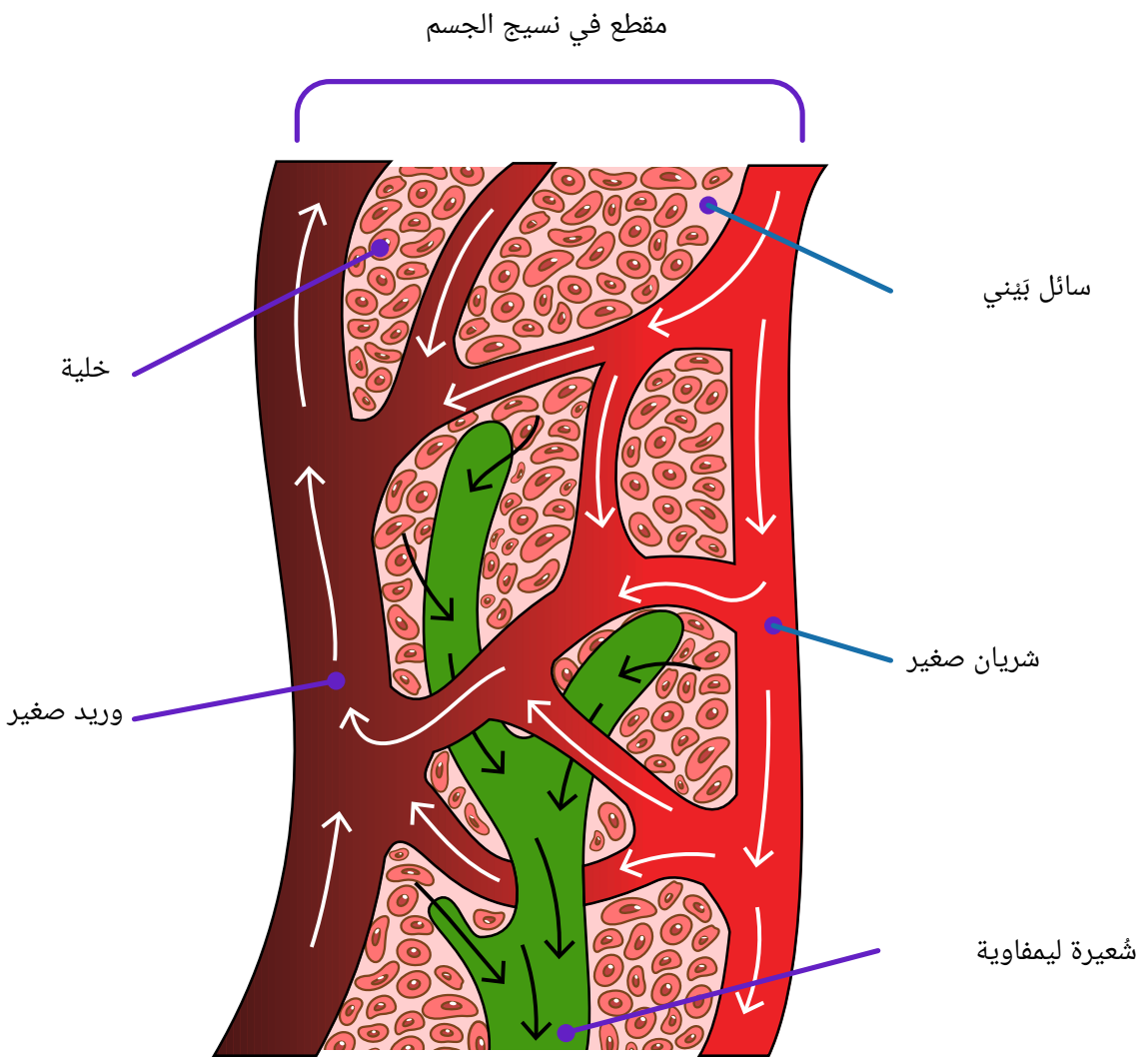
مصطلح رئيسي: الفراغ البَيْني

الفراغ البَيْني هو البيئة الهيكلية المليئة بالسائل البَيْني بين الخلايا الوظيفية لأنسجة الجسم الموجودة خارج الأوعية الدموية والليمفاوية.

على الرغم من أن الشعيرات الدموية تعيد امتصاص معظم هذا السائل، فإن كمية قليلة منه تبقى في الأنسجة. وهنا يأتي دور الجهاز الليمفاوي. فالجهاز الليمفاوي ينقل السائل من أنسجة الجسم إلى أوعية الجهاز الدوري. فكما هو موضَّح في الشكل 1، نجد أن الشعيرات الليمفاوية تمتص هذا السائل، الذي يُسمى الليمف بعد دخوله الشعيرات الليمفاوية.

تعريف: الجهاز الليمفاوي

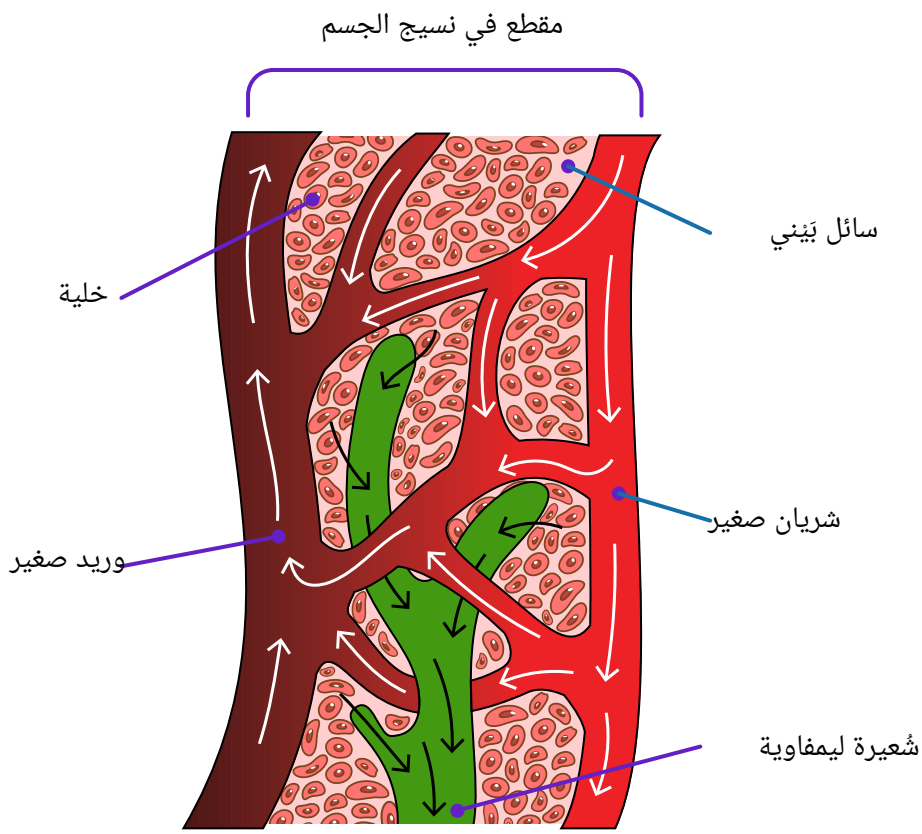
الجهاز الليمفاوي هو جهاز في الجسم ينقل السائل الزائد وبعض المواد المهمة من أنسجة الجسم إلى أوعية الجهاز الدوري. وله أيضًا دور مهم في جهاز المناعة؛ حيث ينقل خلايا الدم البيضاء لمحاربة العدوى.



الشكل ١: مخطط يوضِّح الأوعية الليمفاوية في شبكات الشعيرات الدموية في الجسم. في هذا الشكل، تمثِّل الأسهُم البيضاء حركة الدم، بينما تمثِّل الأسهُم السوداء حركة الليمف.

مثال ١: التداخلات بين الجهاز الليمفاوي والجهاز الدوري

يوضِّح الشكل الآتي رسمًا مُبسَّطًا لتداخلات الشُّعيرات الليمفاوية مع الأنسجة المحيطة.



١. في الشكل، ما الذي تمثِّله الأسهم السوداء؟

أ. حركة الليمف

ب. حركة الدم

ج. حركة اليوريا

د. انتشار الأيونات

٢. في الشكل، ما الذي تمثِّله الأسهم البيضاء؟

أ. انتشار الأيونات

ب. حركة الدم

ج. حركة الليمف

د. حركة اليوريا

الحل

تُزوَّد الأنسجة في جسم الإنسان بالأكسجين والمُغذِّيات عن طريق الأوعية الدموية الموجودة في الجهاز الدوري. وتكوِّن الشعيراتُ الدموية شبكةً معقدة داخل أنسجة الجسم، حيث تُخرِج السائل الغني بالمُغذِّيات إلى الفراغات الموجودة بين الخلايا، التي تُسمى «الفراغات البَيْنية».

الجزء الأول

تُخرِج الخلايا بعض الفضلات، والحطام الخلوي، والمواد السامة إلى السائل البَيْني الموجود في هذا الفراغ البَيْني. تمتص الأوعية الدموية، التي تنقل الدم بعيدًا عن الأنسجة وفي اتجاه القلب، معظم هذا السائل.

ورغم هذا، فقد يتبقى بعض السائل في أنسجة الجسم. وهنا يأتي دور الجهاز الليمفاوي. تمتص الشعيرات الليمفاوية الموجودة في الأنسجة هذا السائل الذي يتكون في الغالب من الماء، وخلايا الدم البيضاء، وجزيئات حيوية. وبمجرد امتصاص الشعيراتِ الليمفاويةِ السائلَ البَيْنيَّ، يُشار إليه بِاسْم الليمف.

دعونا نفحص الشكل. يمكننا ملاحظة أن الأسهُم السوداء تشير إلى السائل الذي تم تجميعه من النسيج عن طريق الشعيرات الليمفاوية.

وعليه، تمثِّل الأسهُم السوداء حركة الليمف.

الجزء الثاني

تُزوَّد الأنسجة في جسم الإنسان بالأكسجين والمُغذِّيات عن طريق الأوعية الدموية الموجودة في الجهاز الدوري. وتكوِّن الشعيرات الدموية شبكة معقدة في الأنسجة؛ حيث تُخرِج السائل الغني بالمُغذِّيات إلى الفراغات البَيْنية.

دعونا نفحص الشكل. نلاحظ أن الأسهُم البيضاء تشير إلى السائل المنقول إلى الأنسجة عبر الشعيرات الدموية.

وعلية، تمثِّل الأسهُم البيضاء حركة الدم.
لنلقِ نظرة على مكوِّنات الجهاز الليمفاوي وعلى الوظائف التي تقوم بها.
كما تَعلَّمْنا، يأتي السائل البَيْني من الشعيرات الدموية الموجودة في الجهاز الدوري. ويحتوي هذا السائل البَيْني على المُغذِّيات، والفضلات، وجزيئات حيوية أخرى.
وبمجرد أن تَمتص الشعيراتُ الليمفاوية السائلَ البَيْني، فإنه يُسمى الليمف. ويتكون الليمف في الغالب من الماء، والبروتينات، والليبيدات، والأملاح، وخلايا الدم البيضاء. وتُنتَج معظم خلايا الدم البيضاء في النخاع العظمي وتُنقل إلى الليمف، لكن الليمف لا يحتوي على خلايا الدم الحمراء. ومع هذا، فقد يحتوي أيضًا على مُغذِّيات وجزيئات حيوية أخرى مثل البروتينات والدهون.

تعريف: الليمف

الليمف هو السائل الذي ينقله الجهاز الليمفاوي، ويتكون من الماء، وخلايا الدم البيضاء، والمُغذِّيات، وجزيئات حيوية أخرى.

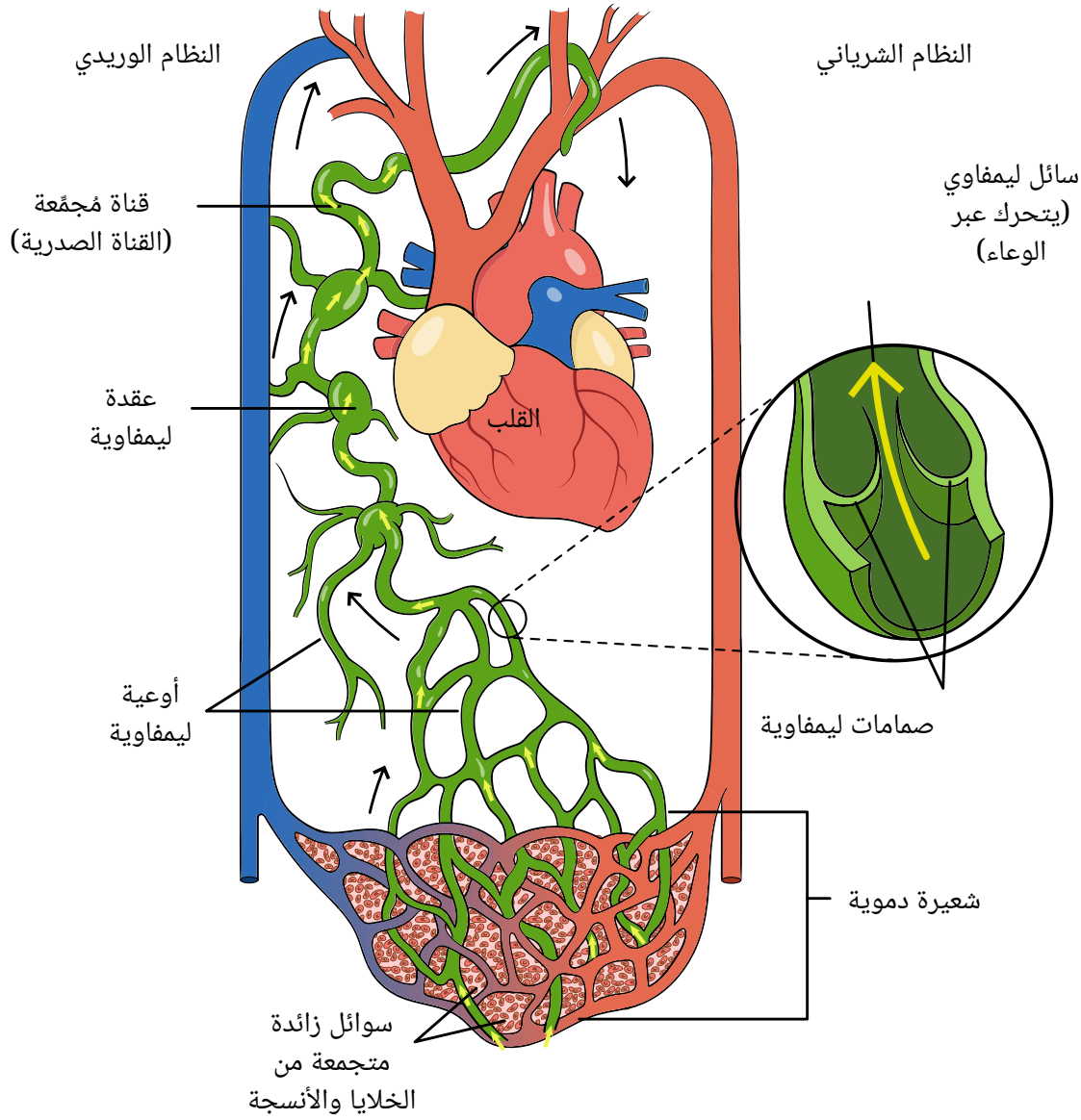
مصطلح رئيسي: خلايا الدم البيضاء

خلايا الدم البيضاء هي جزء من جهاز المناعة، الذي يساعد الجسم على محاربة الأمراض والأجسام الغريبة.
يُشتق السائل الليمفاوي من مادة تسمى البلازما. والبلازما هي الوسط السائل للدم، الذي يحمل مكونات الدم. ويمثِّل الماء 90% منها!

مصطلح رئيسي: بلازما الدم

بلازما الدم هي سائل أصفر تنتشر فيه خلايا الدم. وتحمل بلازما الدم أيضًا موادَّ مثل المُغذِّيات، والفضلات، والمعادن في جميع أنحاء الجسم.
يُمتص الليمف بواسطة الأوعية الليمفاوية، وهي شبكة من الأنابيب تشبه الأوعية الدموية، لكن مع بعض الفروق المهمة، كما سنرى. تبدأ الأوعية الليمفاوية في صورة أنابيب رفيعة تُسمى الشعيرات الليمفاوية، التي تندمج في أوعية أكبر فأكبر.

وتؤدي هذه الأوعية إلى قناتين ليمفاويتين يُفرغ من خلالهما السائل الليمفاوي في الجهاز الوريدي، وهو جزء من أجزاء الجهاز الدوري يتكون من أوردة تعيد الدم إلى القلب. ويمكن ملاحظة حدوث هذه العملية في الشكل 2 فيما يأتي.



الشكل ٢: مخطَّط يوضِّح كيف يُعاد السائل الليمفاوي من الأنسجة إلى النظام الوريدي عبر الأوعية والقنوات الليمفاوية (موضَّحة باللون الأخضر).

هاتان القناتان الليمفاويتان هما القناة الليمفاوية اليمنى والقناة الصدرية، وتتصل كلتاهما بأُوْرِدة تسمى أُوْرِدة تحت الترقوة. وفي النهاية، تؤدي أُوْرِدة تحت الترقوة إلى عودة الليمف إلى الوريد الأجوف، وهو أحد الأوعية الدموية الرئيسية التي تُصَرِّف الدم من أنسجة الجسم إلى القلب. بهذه الطريقة، يُعاد السائل المُحتجَز في الفراغات البَيْنية إلى الجهاز الدوري.

تعريف: الأوعية الليمفاوية

الأوعية الليمفاوية هي شبكة من الأنابيب التي تنقل الليمف من أنسجة الجسم إلى الجهاز الدوري.

مثال ٢: تركيب الليمف ووظيفته

أيٌّ من الآتي يَصِف الليمف وصفًا دقيقًا؟

أ. هو سائل تُنتِجه العُقَد الليمفاوية، ويُستخدَم لتنظيم محتوى الماء في الجسم.

ب. هو سائل يتكوَّن من الفضلات التي يتم نقلها بواسطة الأوعية الليمفاوية إلى الكليتين لإخراجها.

ج. هو سائل مشتق من الدم، ويتكوَّن من خلايا الدم الحمراء وبروتينات وصفائح دموية، ويتم نقله عبر الأوعية الليمفاوية.

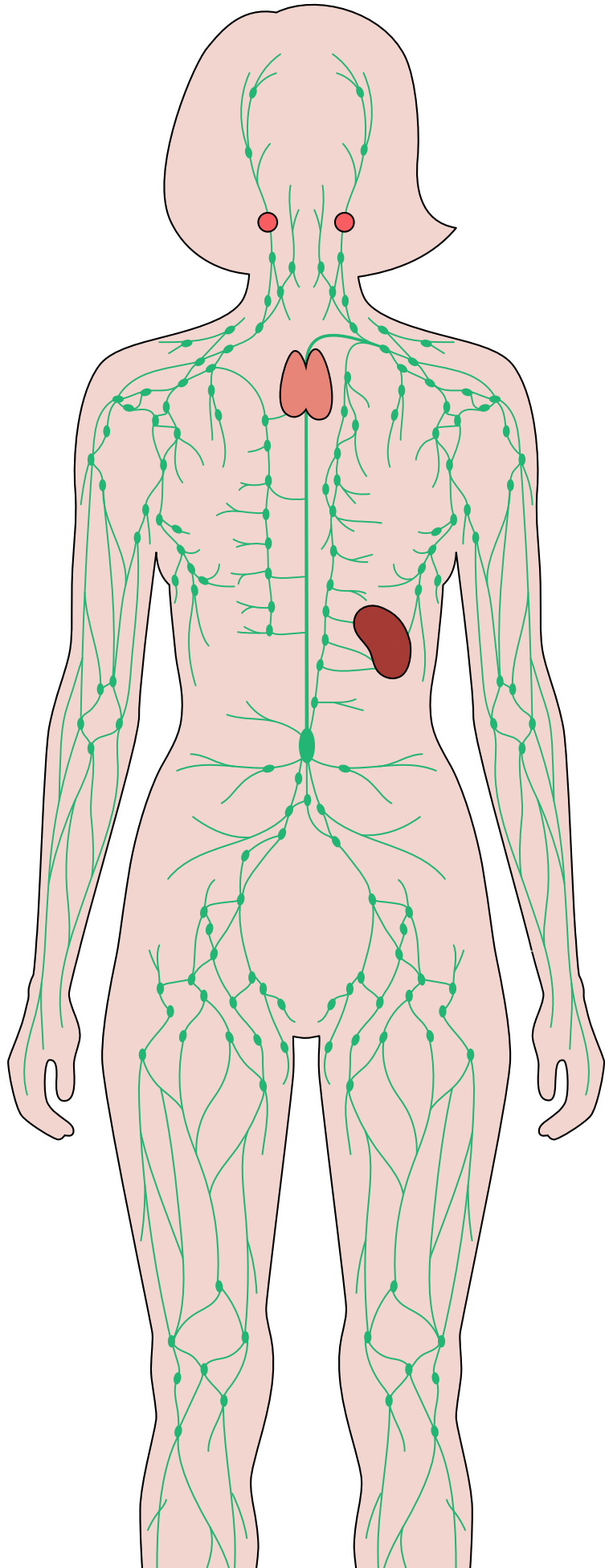
د. هو سائل مشتق من بلازما الدم، ويتكوَّن من ماء ومغذيات وجزيئات بيولوجية أخرى، ويتم نقله عبر الأوعية الليمفاوية.

الحل

في الجسم، يعمل الجهاز الدوري على إيصال الأكسجين والمُغذِّيات إلى أعضاء الجسم، وعلى إخراج ثاني أكسيد الكربون والفضلات. فعندما تصل الأوعية الدموية إلى أنسجة الجسم، فإنها تُطلِق المكوِّن السائل للدم الذي يُسمى البلازما. ويتكون هذا السائل في الغالب من الماء، ويحتوي على خلايا الدم البيضاء، ومغذيات، وجزيئات حيوية أخرى مثل البروتينات والدهون. تمتص الخلايا المُغذِّيات التي تحتاجها و تُخرِج فضلاتها إلى السائل.

بعد ذلك، يتم امتصاص معظم هذا السائل بواسطة الأوعية الدموية، التي تعيد حَمل الدم من الأنسجة باتجاه القلب. ومع هذا، تمتص الأوعية الليمفاوية بعض هذا السائل. وبمجرد امتصاص الشعيرات الليمفاوية لهذا السائل، يُشار إليه بِاسْم الليمف. ويتكون الليمف في الغالب من الماء، وخلايا الدم البيضاء، ومن جزيئات أخرى.

لذلك، أدق وصف للِّيمف هو أنه سائل مشتق من بلازما الدم، ويتكوَّن من ماء، ومغذيات، وجزيئات بيولوجية أخرى ويُنقل عبر الأوعية الليمفاوية.
كما ذكرنا من قبل، يُعد الجهاز الليمفاوي جزءًا مهمًّا من أجزاء كلٍّ من الجهاز الدوري وجهاز المناعة. والآن، بعد أن فَهِمْنا كيف يلعب الجهاز الليمفاوي دورًا فريدًا في الجهاز الدوري، ما الوظيفة التي يؤديها في جهاز المناعة؟
أثناء إعادة الأوعية الليمفاوية الليمف إلى الجهاز الدوري، فإن الأوعية الليمفاوية تنقل الليمف عبر تراكيب تُسمى العقد الليمفاوية، والتي توجد في مجموعات في أماكن مختلفة من الجسم، كما هو موضَّح في الشكل 3.



الشكل ٣: مخطَّط للجهاز الليمفاوي يوضِّح المواقع المختلفة للعُقَد الليمفاوية في الجسم.

العقد الليمفاوية هي تراكيب صغيرة تُشبه حبة الفول، عادةً يكون حجمها نحو 1 cm. وتحتوي هذه العُقد على خلايا مناعية مثل الخلايا الليمفاوية (خلايا الدم البيضاء)، التي تنقسم إلى نوعين: خلايا ليمفاوية بائية، وخلايا ليمفاوية تائية. هذه الخلايا الليمفاوية ضرورية للاستجابة المناعية للجسم. فعلى سبيل المثال، تُنتِج الخلايا الليمفاوية البائية أجسامًا مضادَّة تساعد على مواجهة الكائنات الحية الدقيقة والسموم التي يُحتَمل أن تكون خطرة.
بغض النظر عن السائل، وخلايا الدم البيضاء، والمغذيات، فإن الشعيرات الليمفاوية قد تَمتص أيضًا الميكروبات المسبِّبة للأمراض أو مسبِّبات الأمراض من أنسجة الجسم. عندما يمرُّ الليمف الذي يحتوي على مُسبِّبات الأمراض عبر العقد الليمفاوية، تَحتجِز الخلايا الليمفاويةُ الموجودةُ في هذه العُقد مسبِّباتِ الأمراض وتصبح نَشِطة، وتولِّد استجابة مناعية ضدها. وعليه، فإن العقد الليمفاوية مسئولة عن البدء في الاستجابة المناعية ضد مسبِّبات الأمراض في الجسم.

تعريف: العقد الليمفاوية

العقدة الليمفاوية هي عضو صغير يوجد عند نقاط اتصال شبكة الأوعية الليمفاوية الموجودة في الجهاز الليمفاوي. وتحتوي العقد الليمفاوية على الخلايا المناعية كما أنها تنقِّي السائل الليمفاوي.

مصطلح رئيسي: الخلايا الليمفاوية

الخلايا الليمفاوية هي خلايا مناعية تولِّد استجابات مناعية ضد مسبِّبات الأمراض في الجسم. وهناك نوعان رئيسيان من الخلايا الليمفاوية: خلايا بائية، وخلايا تائية.
تخرُج الخلايا الليمفاوية المُنشَّطة من العقد الليمفاوية مع الليمف عبر الأوعية الليمفاوية. فتدخُل الجهاز الدوري لمحاربة مسبِّبات الأمراض في باقي أجزاء الجسم والقضاء عليها. وعليه، تعمل العقد الليمفاوية الموجودة في أماكن مختلفة من الجسم بوصفها مُرشِّحات؛ كي تهاجم مسبِّبات الأمراض قبل أن يُعاد الليمف إلى الجهاز الدوري.

مثال ٣: وظيفة العقد الليمفاوية في الجهاز الليمفاوي

أيٌّ من الآتي وظيفة أساسية للعُقَد الليمفاوية؟

أ. العُقَد الليمفاوية مسئولة عن توليد استجابة مناعية ضد عدوى من مُسبِّب مرضٍ ما.

ب. العُقَد الليمفاوية مسئولة عن نقل الليمف من الأنسجة إلى الجهاز الدوري.

ج. العُقَد الليمفاوية تبدأ عملية تحويل الفضلات في الليمف إلى مواد مفيدة.

د. تُعِيد العُقَد الليمفاوية الليمف مرة أخرى إلى الأنسجة التي جاء منها.

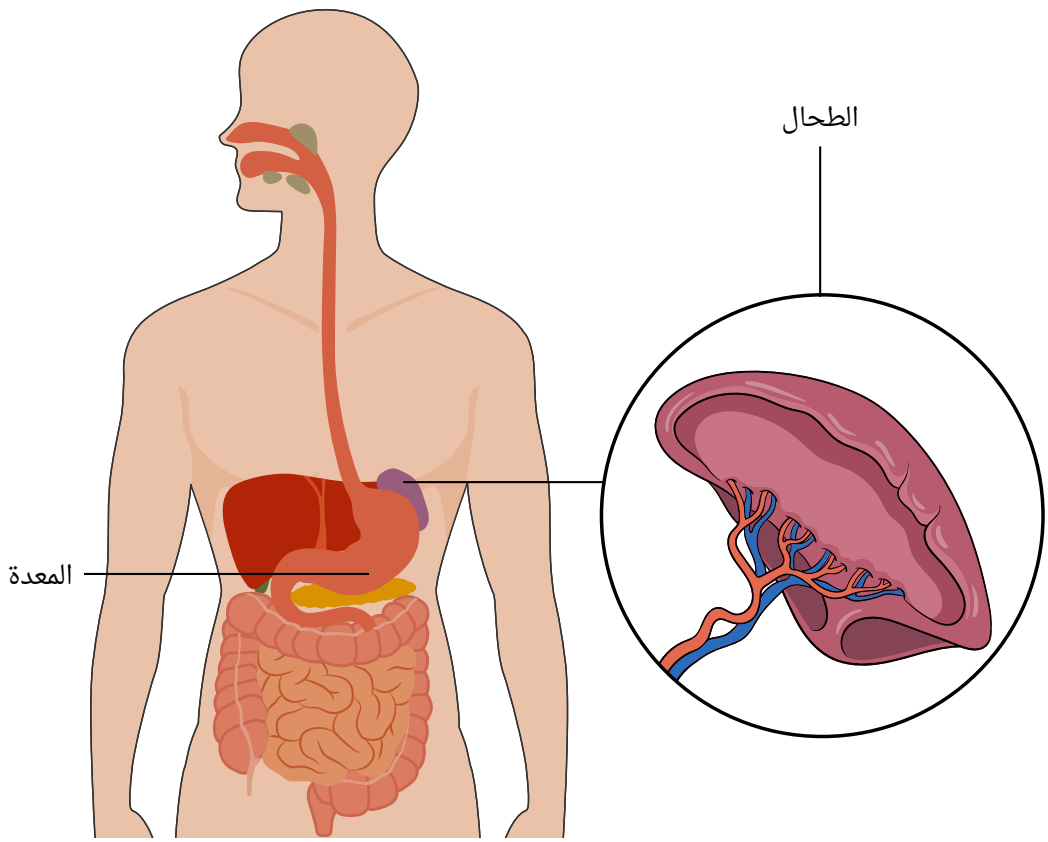
الحل

في الجهاز الليمفاوي، تُجمِّع شبكةٌ من الأوعية، تُسمى الأوعية الليمفاوية، السائلَ من أنسجة الجسم، وتنقُله إلى الجهاز الدوري. يُسمى هذا السائلُ الليمفَ، ويتكون في الغالب من الماء، وخلايا الدم البيضاء، وجزيئات حيوية. وقد يحتوي أيضًا على الميكروبات المسبِّبة للأمراض أو مسبِّبات الأمراض التي تُجمِّع من مختلف أنسجة الجسم.

أثناء نقل الليمف بواسطة الأوعية الليمفاوية من الأنسجة إلى الجهاز الدوري، فإنها تُمرِّر الليمف عبر عدة تراكيب صغيرة تشبه حبة الفول تسمى العقد الليمفاوية. وعادةً ما يصل حجم العقد الليمفاوية إلى 1 cm تقريبًا، وتحتوي على خلايا

مناعية تُسمى الخلايا الليمفاوية. هنا، يتم حجز أي مُسبِّب من مسبِّبات الأمراض موجود في الليمف، وتولِّد الخلايا المناعيةُ استجابةً ضده. بعد ذلك، تنتقل الخلايا المناعية المُنشَّطة إلى خارج العقد الليمفاوية مع الليمف لمهاجمة مسبِّبات الأمراض في باقي الجسم.

وعليه، فإن الوظيفة الأساسية للعُقَد الليمفاوية هي بدء الاستجابة المناعية ضد عدوى مُسبِّبات الأمراض.
وبجانب العقد الليمفاوية، يشتمل الجهاز الليمفاوي أيضًا على عضو يُسمى الطحال، والذي يعد أحد أكثر الأعضاء الليمفاوية أهمية في الجسم. ويوضِّح الشكل 4 مخطَّطًا للطحال ولموقعه في الجسم.



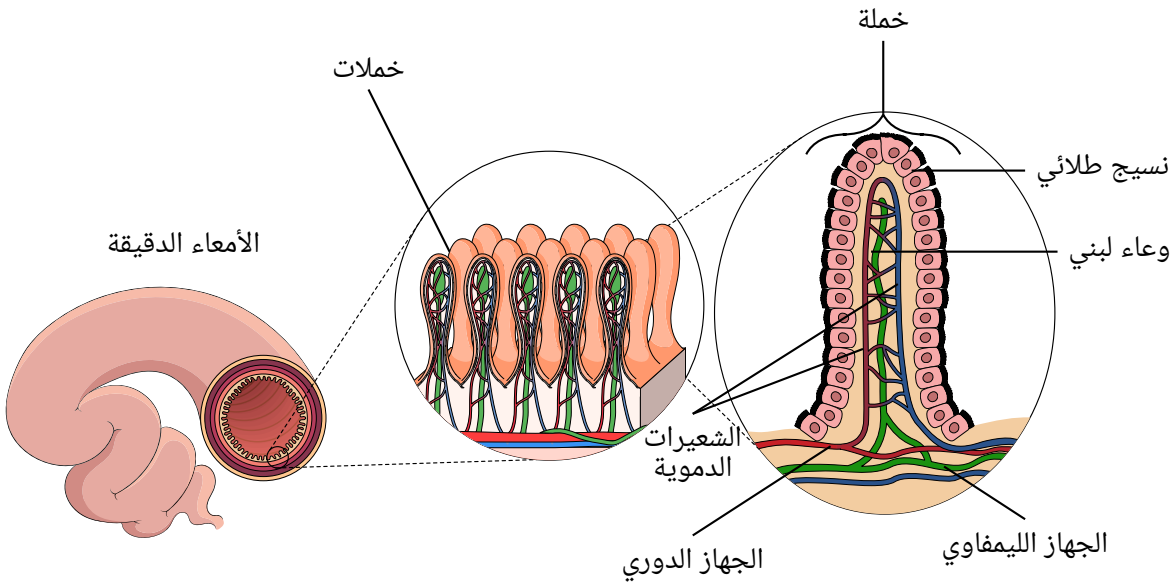
الشكل ٤: مخطَّط يوضِّح موقع الطحال في الجسم، خلف المعدة.

يقع الطحال في الجزء العلوي الأيسر من البطن خلف المعدة، وعادةً ما يتراوح طوله بين 7 cm و14 cm. وهو يشبه في تركيبه ووظيفته العقدة الليمفاوية. مثل العقد الليمفاوية، يحتوي الطحال أيضًا على مجموعة من مختلف الخلايا المناعية، كما أنه قادر على إنتاج الخلايا الليمفاوية. الطحال مسئول عن تنقية الدم بالطريقة نفسها التي تنقِّي العقدُ الليمفاويةُ بها السائلَ الليمفاويَّ. ينقل الدم إلى الطحال؛ حيث يمكن للخلايا الليمفاوية توليد استجابة ضد أيٍّ من مسبِّبات الأمراض التي يحملها الدم والقضاء عليها.

مصطلح رئيسي: الطحال

الطحال هو أحد أكثر الأعضاء الليمفاوية أهميةً. فهو يحتوي على خلايا مناعية، كما أنه مسئول عن تنقية مجرى الدم من مسبِّبات الأمراض.
يقوم الجهاز الليمفاوي بوظيفة مهمة أيضًا بامتصاص الدهون من الجهاز الهضمي.

يغطي السطح الداخلي للأمعاء الدقيقة بروزات تشبه الإصبع تُسمى الخملات، كما هو موضَّح في الشكل 5. تزيد هذه الخملات من مساحة سطح الأمعاء الدقيقة؛ لامتصاصِ أفضل للمُغذِّيات الموجودة في الطعام الذي نهضمه.



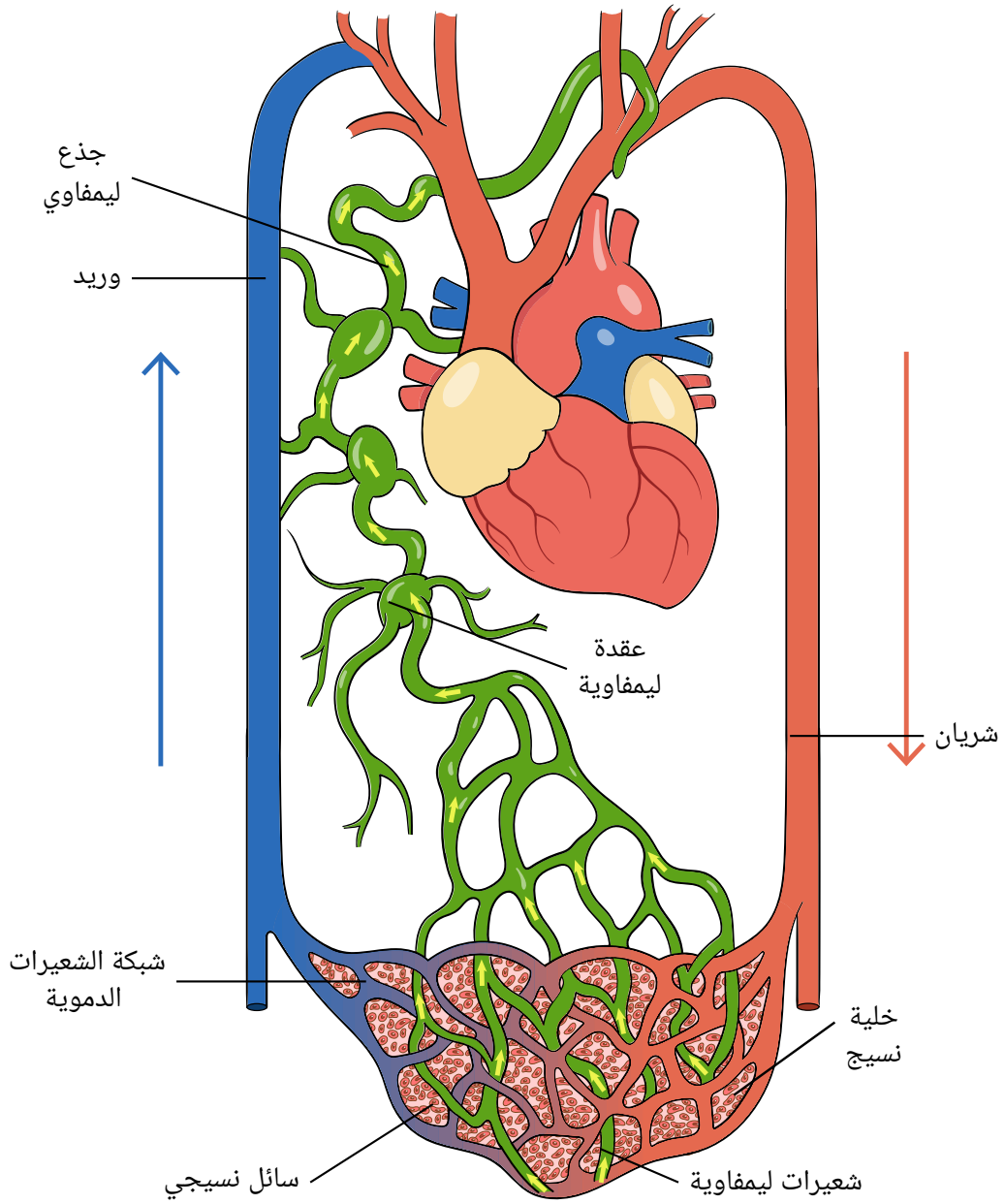
الشكل ٥: الشعيرات الليمفاوية تُسمى الأوعية اللبنية في خملات الأمعاء الدقيقة.

مصطلح رئيسي: الخملات

الخملات (ومفردها: خملة) هي نتوءات تشبه الإصبع تقع في جدار الأمعاء الدقيقة مما يزيد من مساحة سطحها لامتصاص المُغذِّيات.
تدخل معظم المغذيات الممتصة في الجهاز الهضمي مباشرةً إلى مجرى الدم عبر شبكة الشعيرات الدموية التي تغذي كل خملة، كما هو موضَّح في الشكل 5. ومع هذا، تكون جزيئات الدهون كبيرة جدًّا لأنْ تَنفُذ إلى داخل هذه الشعيرات الدموية.
تُزَوَّد كل خملة أيضًا بشعيرة ليمفاوية واحدة تسمى وعاءً لَبَنِيًّا، كما هو موضَّح في الشكل 5. ونظرًا لأن الأوعية اللبنية أوسع من الشعيرات الدموية، فإن جزيئات الدهون تدخُل هذه الأوعية بدلًا من الشعيرات الدموية وتُنقَل في الليمف.

تعريف: الأوعية اللبنية

الأوعية اللبنية هي نوع خاص من الشعيرات الليمفاوية تُوجَد في خملات الأمعاء الدقيقة في الجهاز الهضمي.
الآن، بعد أن فَهِمْنا تراكيب الجهاز الليمفاوي ووظائفه، دعونا ننتبه إلى الفروق بين الجهاز الليمفاوي والجهاز الدوري.
يتحرك الدم المحمول في أوعية الجهاز الدوري عند الإنسان في حلقة دائرية، من القلب إلى أعضاء الجسم ثم العودة إلى القلب. وعلى النقيض، تحمل الأوعيةُ الليمفاويةُ الليمفَ في اتجاه واحد فحسب، من الفراغات البَيْنية الموجودة في الجسم إلى الأوْرِدة التي تغذي الجهاز الدوري. وعليه، فإن الجهاز الليمفاوي هو جهاز وعائي وأحادي الاتجاه وخطي ومفتوح، وليس حلقة مغلقة، كما يمكنك أن ترى في المخطَّط الوارد في الشكل 6 فيما يأتي.



الشكل ٦: هذا المخطَّط يوضِّح كيف أن الجهاز الدوري حلقة دائرية، في حين أن الجهاز الليمفاوي جهاز خطي مفتوح.

هناك فرق مهم آخر بين الأوعية الليمفاوية والأوعية الدموية، وهو الحجم. كما تعلمنا في الجهاز الهضمي، الشعيراتُ الدموية ضيقة جدًّا ولا تسمح بنقل مواد كبيرة مثل جزيئات الدهون. وعلى الجانب الآخر، الشعيرات الليمفاوية أوسع، مما يمكِّنها من نقل مواد متنوعة.
دعونا نلخص كل ما تعلمناه حتى الآن عن الجهاز الليمفاوي.

النقاط الرئيسية

- يجمع الجهاز الليمفاوي سائلًا يُسمى الليمف من الفراغات البَيْنية الموجودة في الجسم، ويحمله عبر الأوعية الليمفاوية إلى الجهاز الدوري.

- العقد الليمفاوية هي تراكيب صغيرة تحتوي على خلايا مناعية، مسئولة عن بدء الاستجابة المناعية ضد مسبِّبات الأمراض.
- الطحال هو أحد أكثر الأعضاء الليمفاوية أهمية في الجسم. فهو يحتوي على خلايا مناعية (خلايا ليمفاوية)، كما أنه ينقِّي مجرى الدم من مسبِّبات الأمراض.
- ثمة شعيرات ليمفاوية خاصة في الجهاز الهضمي تسمى الأوعية اللبنية، وهي تساعد على امتصاص جزيئات الدهون.
- النظام الليمفاوي هو نظام نقل أحادي الاتجاه وخطي ومفتوح.